

Lentilles minces convergentes

Lors de la rédaction, il est nécessaire de faire des schémas très soignés, au crayon, sur lesquels vous indiquerez avec précision les caractéristiques de la lentille, de l'objet et de l'image.

Tracer le rayon qui passe par le centre optique et qui n'est pas dévié.

Tracer le rayon parallèle à l'axe optique et qui ressort de la lentille en passant par le foyer image.

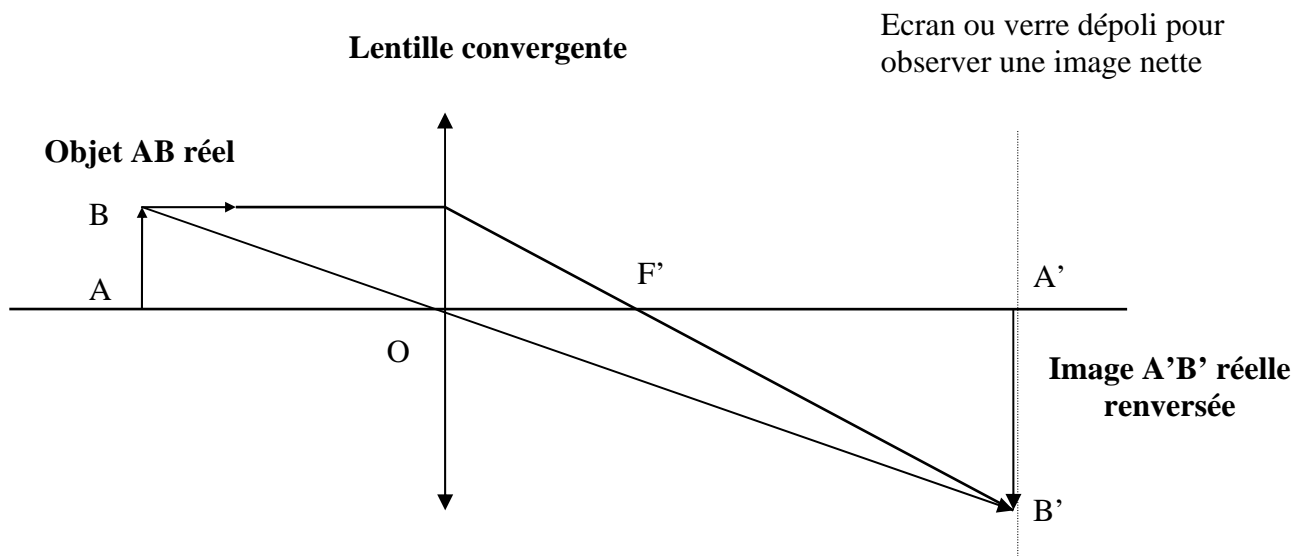
La vergence de la lentille étudiée n'est pas exactement $C \approx 8 \delta$ ou $C \approx 6,5 \delta$; c'est à vous de la déterminer avec précision.

I - Montage

On utilise un banc d'optique. A l'une de ses extrémités, on place un objet AB (lettre) éclairé par une petite ampoule à filament de tungstène (220 V, 50 Hz).

Une lentille et un écran (ou un verre dépoli) peuvent être déplacés le long du banc d'optique sur des petits chariots .

Une règle graduée permet de mesurer les distances \overline{AO} (distance lentille-objet), $\overline{AA'}$ (distance objet-image) et donc de déduire : $\overline{OA'} = \overline{AA'} - \overline{AO}$ (distance lentille-image).



Pour observer correctement les images réelles, il faut mieux regarder derrière le verre dépoli.

Conditions de Gauss

Une lentille donne d'un objet ponctuel AB une image ponctuelle A'B' si :

- les rayons sont peu inclinés sur l'axe optique*
- les rayons sont proches de l'axe optique.*

II - Etude des images avec une lentille mince convergente

1) Image virtuelle - Effet loupe

Eclairer l'objet qui reste fixe en A, au zéro de la règle.

Placer la lentille à **8 cm** de l'objet si $C \approx 8 \delta$ ou à **10 cm** si $C \approx 6,5 \delta$.

Déplacer l'écran le long du banc. Se forme-t-il une image nette sur l'écran ?

Regarder l'objet à travers la lentille. Qu'observez-vous ?

Faire un schéma optique du trajet des rayons lumineux issus de l'objet, en notant l'endroit où se trouve votre oeil.

2) Image réelle

a) Mise au point

La recherche expérimentale des positions respectives de l'objet et de la lentille pour obtenir une image nette sur l'écran s'appelle la **mise au point**.

Placer la lentille à **20 cm** de l'objet.

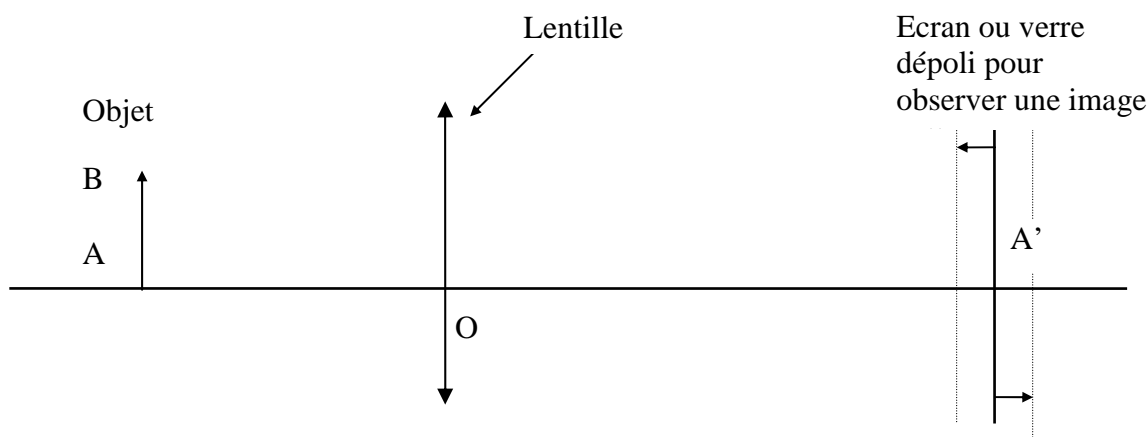
Déplacer l'écran le long du banc. Se forme-t-il une image nette ?

Faire un schéma optique du trajet des rayons lumineux issus de l'objet.

Donner les caractéristiques de l'image : nature, position, sens, grandeur.

Les bords de l'image sont-ils irisés ?

b) Latitude de mise au point : déplacement de l'écran



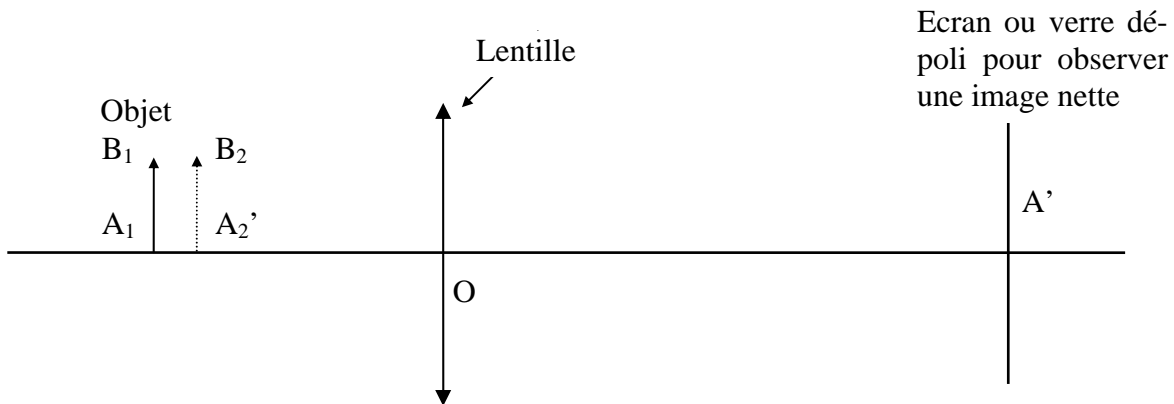
Il est possible de **déplacer l'écran** de quelques millimètres et d'obtenir toujours une image apparemment "nette". En effet, 2 points ne sont bien séparés par l'œil normal que si leur distance est égale à 0,1 mm à 25 cm (Pouvoir séparateur de l'œil : 3').

*Evaluer cette distance d qui représente la **latitude de mise au point**.*

2 points ne sont bien séparés par l'œil normal que si leur distance est de 0,1 mm à 25 cm

c) Profondeur de champ : déplacement de l'objet

Des objets situés à des distances différentes d'une même lentille peuvent donner des images apparemment "nettes" sur l'écran. La distance qui sépare la position de l'objet le plus proche de la position de l'objet le plus éloigné de la lentille se nomme la profondeur de champ.



Sans toucher à l'écran, éloigner l'objet de la lentille jusqu'à ce que son image ne soit plus nette sur l'écran, puis rapprocher l'objet de la lentille jusqu'à ce que son image ne soit plus nette sur l'écran. En déduire la profondeur de champ : A_1A_2

Pourquoi peut-on déplacer l'objet tout en ayant une image apparemment nette sur l'écran ?

d) Aberrations géométriques - Diaphragme

Diaphragmer la lentille en plaçant devant elle un écran métallique percé d'un petit trou. L'éclairement de l'image sur l'écran diminue mais la netteté de l'image augmente car les rayons sont proches de l'axe optique.

Que signifie aberration géométrique ? Faire un schéma optique représentant le trajet d'un faisceau de lumière parallèle proche de l'axe optique et celui d'un faisceau de lumière parallèle plus éloigné de l'axe optique.

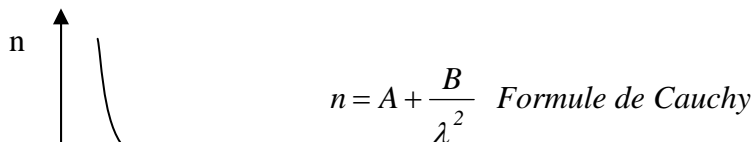
Se place-t-on dans les conditions de Gauss si on utilise un diaphragme ?
La profondeur de champ et la latitude de mise au point augmentent-elle avec le diaphragme ?

En déduire l'importance du diaphragme quand on prend une photographie.

e) Aberrations chromatiques – Filtre de couleur

Il y a dispersion des foyers image sur l'axe optique car la distance focale : $\overline{OF'} = \frac{1}{C}$ de la lentille dépend de l'indice de réfraction n du verre et donc de la longueur d'onde.

Pour une lentille mince biconvexe de rayon de courbure R_1 et R_2 : $C = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$



- $\xrightarrow{\hspace{2cm}} \lambda$
- Supprimer le diaphragme et placer un *filtre de couleur verte* devant l'objet.
 - L'éclairement de l'image sur l'écran diminue mais la netteté de l'image augmente.
 - Faut-il modifier légèrement la mise au point ?

Que signifie aberration chromatique ? Faire un schéma optique représentant le trajet d'un faisceau de lumière parallèle rouge et le trajet d'un faisceau de lumière parallèle bleu.

III - Détermination de la vergence et de la distance focale de la lentille

1) Vérification de la loi de Descartes

Filtre et diaphragme sont supprimés.

Pour différentes valeurs de la distance objet-lentille \overline{OA} , mesurer la distance objet-image $\overline{AA'}$, la grandeur de l'objet AB et celle de l'image A'B'.

Grandeur de l'objet AB : AB = cm

\overline{OA} (m)	$\overline{AA'}$ (m)	$\overline{A'B'}$ (cm)	$\overline{OA'} = \overline{AA'} - \overline{AO}$ (m)	$C = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ (δ)	$\overline{OF'} = \frac{1}{C}$ (m)	$\left \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \right $	$\left \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \right $
- 0,20							
- 0,30							
- 0,40							
- 0,50							
- 0,60							
- 0,70							
- 0,80							
- 0,90							
- 1,00							
- 1,10							
- 1,20							
	<i>Refaire une mesure pour une valeur quelconque de \overline{OA}.</i>						
	<i>Comment varie $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ si \overline{OA} augmente ?</i>	<i>Vers quelle limite tend $\overline{OA'}$ si \overline{OA} augmente ?</i>	<i>La valeur de C reste-t-elle à peu près constante ?</i> $C_m =$	$OF' =$			

Attention aux unités : si la vergence est exprimée en dioptries (δ), les longueurs doivent être exprimées en mètre.

a) Calculer C_m , moyenne des mesures faites pour la détermination de la vergence C de la lentille, ainsi que l'écart-type σ . Supprimer éventuellement une mesure qui semblerait aberrante.

$$C_m = \quad \quad \sigma =$$

En déduire l'incertitude relative de la mesure : $\Delta C/C$ (exprimé en %). Poser : $\Delta C = 2\sigma$

La valeur réelle de la convergence C de la lentille se trouve dans l'intervalle de niveau de confiance à 95% si:

$$C_m - 2\sigma < C < C_m + 2\sigma$$

Déterminer cet intervalle de confiance.

Les valeurs extrêmes de C mesurées sont-elles comprises dans cet intervalle ?

Refaire une mesure pour une distance \overline{OA} quelconque. La convergence C calculée se trouve-t-elle dans l'intervalle de confiance à 95 % ?

Quelles sont les causes possibles d'erreurs, autres que les erreurs de lecture sur la règle ? Aurait-il mieux valu diaphragmer la lentille et laisser le filtre de couleur ? Pourquoi ?

b) En déduire la valeur moyenne de la distance focale : $\overline{OF'} = \frac{1}{C}$

c) Vérifie-t-on (quand la mesure est possible) la loi du grandissement :

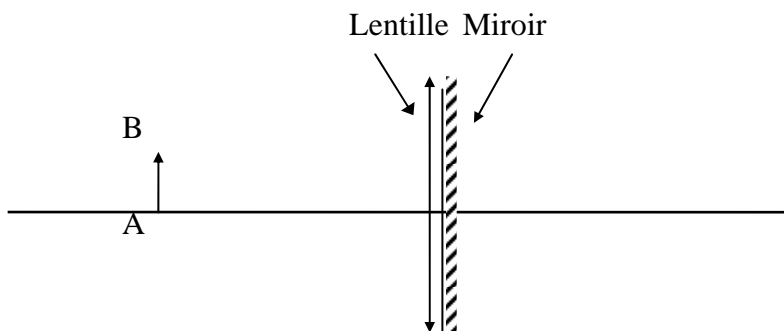
$$|\gamma| = \left| \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \right| = \left| \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \right|$$

A-t-on une bonne précision si la distance $|\overline{OA}|$ est grande? Pourquoi ?

2) Autocollimation

Cette méthode permet de trouver rapidement la convergence C d'une lentille convergente.

Placer juste derrière la lentille un miroir plan M.



a) Déplacer l'ensemble lentille-miroir jusqu'à ce qu'il se forme dans le plan de l'objet, une **image nette, renversée, de même grandeur que l'objet**.

Ne pas tenir compte des petites images parasites, moins lumineuses.

La distance objet-lentille est alors égale à la distance focale de la lentille.

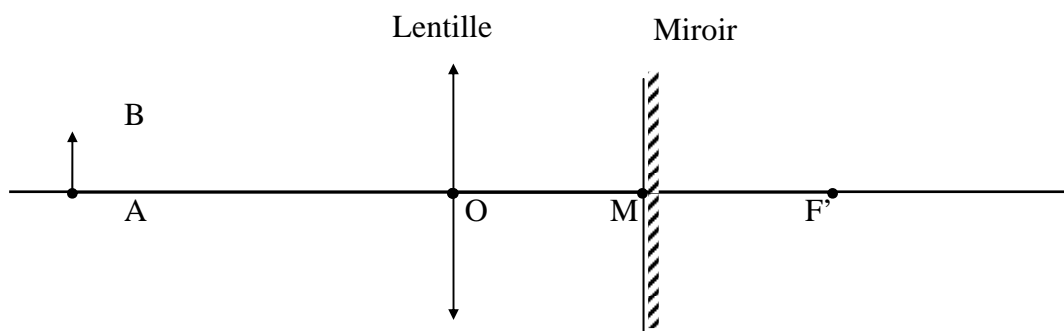
$$\overline{OF'} = \quad \text{cm} = \quad \text{m} \quad C = \frac{1}{\overline{OF'}} = \quad \delta$$

La valeur de C se trouve-t-elle dans l'intervalle de confiance précédemment trouvé ?

b) *La place du miroir n'ayant aucune importance sur la position de l'image finale A'B', faire le schéma optique pour trouver l'image A'B' de AB, en respectant la consigne :*

$$AO = OF' \text{ et } OM = MF' = OF'/2$$

Les rayons traversent la lentille, se réfléchissent sur le miroir et traversent à nouveau la lentille.



3) Formation d'un faisceau de lumière parallèle

Remplacer l'objet (lettre) par une fente.

- Avec une lentille de 3δ , former une image très petite de cette fente.
- Placer alors correctement la lentille précédemment étudiée (8δ) pour obtenir un faisceau de lumière parallèle.

Faire le schéma optique du montage réalisé avec ces 2 lentilles.